

UNIVERSIDAD

DE

BURGOS

“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y SENSORIALES DE LA PATATA PARA FRITURA”

MASTER EN SEGURIDAD Y BIOTECNOLOGÍA ALIMENTARIA
CURSO 2007-2008

M^a CELESTE CASTRO LARA

Directora: Dra. Isabel Jaime Moreno

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| 1-INTRODUCCIÓN | 2. |
| 1.1. Características de la patata frita | 2. |
| 1.2. Factores que influyen en la calidad de la patata frita | 3. |
| 1.2.1. Relacionados con la materia prima | 3. |
| 1.2.1. Relacionados con las condiciones de fritura y conservación | 4. |
| 2-OBJETIVOS | 5. |
| 3- MATERIALES Y MÉTODOS | 6. |
| 3.1. Materiales | 6. |
| 3.1.1. Materia prima | 6. |
| 3.1.2. Patatas fritas comerciales | 6. |
| 3.2. Análisis Físico-químicos | 6. |
| 3.3. Análisis Sensorial e Instrumental | 7. |
| 3.3.1. Análisis Sensorial | 7. |
| 3.3.2. Análisis Instrumental | 7. |
| 3.4. Análisis Estadístico | 11. |
| 4- RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 11. |
| 4.1. Patata cruda | 11. |
| 4.2. Patata frita | 17. |
| 5- CONCLUSIONES | 22. |
| 6-BIBLIOGRAFÍA | 23. |

1-INTRODUCCIÓN

La patata (*Solanum tuberosum*) es una planta herbácea de la familia de las Solanáceas. Es originaria de América del Sur, desde allí llegó a Europa en el siglo XVI y posteriormente se difundió por todo el mundo en un lento proceso que duraría más de 250 años. El nombre de patata se aplica también al tubérculo comestible de esta planta, que se cultiva tanto para su consumo directo como para su transformación en diversos productos procesados. La patata cada vez es más demandada como materia prima de la industria elaboradora de snacks y aperitivos.

1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PATATA FRITA

Sobre la calidad de la patata y, en particular, sobre su aptitud para la fritura, influyen múltiples factores que van desde la aptitud propia de la variedad pasando por los factores medioambientales y técnicos durante el cultivo, la manipulación en la recolección y transporte. Y finalmente, en las condiciones de almacenamiento (Simón et al., 2007). La industria demanda patatas sanas, de forma redondeada, con calibres medianos (entre 40 y 80 mm) y un bajo nivel de defectos.

En la calidad del producto final, es decir, de la patata frita, se han de tener en cuenta diferentes parámetros como la forma, el color, la textura, el sabor, el contenido de sólidos, el contenido graso, etc. Se han realizado diversos estudios que ponen de manifiesto la gran importancia de algunos de estos parámetros. La principal característica de las patatas fritas según Kita et al. (2005) es su textura crujiente, siendo uno de los indicadores de calidad más importantes en el producto final. Otro parámetro destacable de calidad de la patata frita, que está estrictamente relacionado con la percepción de los consumidores, es el color (Mendoza et al., 2007).

Un aspecto de gran interés en la calidad de la patata frita, que es necesario controlar, es el contenido de azúcares reductores (glucosa y fructosa), ya que su elevada presencia provoca la aparición de colores oscuros en la fritura dando lugar además a un sabor amargo debido a la formación de compuestos cetónicos y aldehídicos generados en la reacción de Maillard.

Un compuesto especialmente problemático que se puede formar en la fritura es la acrilamida. La formación de acrilamida se produce durante el proceso de oscurecimiento por la reacción de Maillard debido a la interacción de los azúcares reductores con la asparagina a temperaturas por encima de 120 °C. Es necesario controlar su formación porque se la considera una sustancia carcinogénica (Friedman et al., 2003). Según Gökmen et al. (2005) las patatas crudas no contienen acrilamida, pero contienen grandes cantidades de precursores para su formación.

A continuación, se describen los principales factores que influyen en la calidad de la patata frita y su posible control, dependiendo de si están relacionados con la materia prima o con las condiciones de fritura.

1.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LA PATATA FRITA

1.2.1. Relacionados con la materia prima

La patata cruda puede presentar diversos defectos que influirán en las características de la patata frita. Se dividen en defectos internos y defectos externos. Los defectos internos más habituales son los relacionados con el oscurecimiento del interior de la patata, y la aparición del anillo vascular, el ennegrecimiento por golpeo, las enfermedades sufridas durante el cultivo y el corazón hueco.

Los defectos externos más destacables son los que afectan al borde de la rodaja como puede ser el oscurecimiento del punto de inserción de la patata al tallo, la podredumbre, tanto seca como húmeda, los daños producidos por golpes, el verdeo, las grietas de crecimiento y el crecimiento secundario.

En figura 1 se observan algunas alteraciones que pueden presentar las patatas crudas y que derivarán en defectos de las patatas fritas.

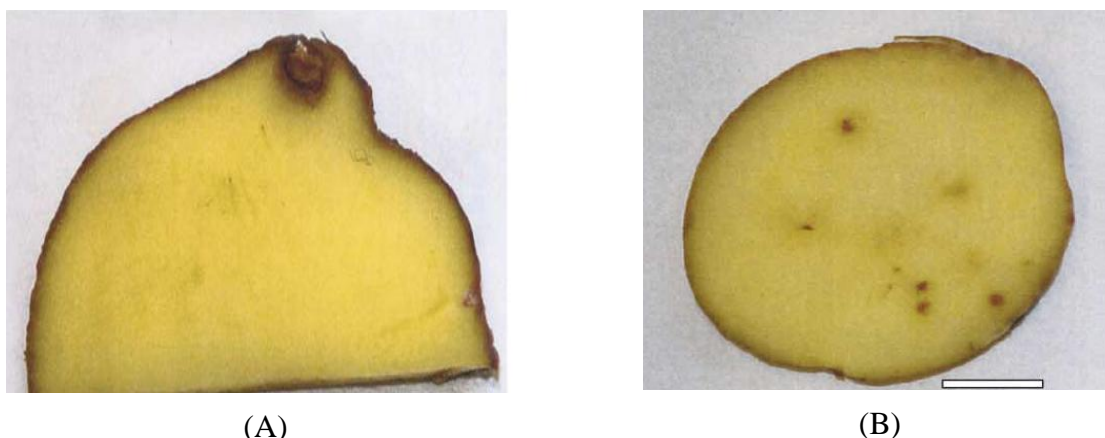


Figura 1: (A) Patata magullada (defecto externo), (B) Patata con defectos internos. Según Thybo et al. (2004).

Uno de los defectos más importantes, originado por recibir luz las patatas crudas, tanto en el campo como durante el almacenamiento, es la aparición de la característica aureola verde en el borde de ciertas patatas ocasionada por la acumulación de clorofila en la piel.

En la figura 2 se pueden observar defectos que aparecen en las patatas fritas derivados de la presencia de defectos internos o externos en la patata que se ha utilizado como materia prima.



Figura 2: Varios ejemplos de defectos de las patatas fritas debidos a la materia prima. Según Simón et al. (2007).

1.2.1. Relacionados con las condiciones de fritura y conservación

Un problema bastante habitual es el oscurecimiento de la patata al freír que ya se ha mencionado anteriormente. Los azúcares reductores (glucosa y fructosa) interaccionan con los aminoácidos, el ácido ascórbico y algún otro compuesto orgánico durante la fritura produciendo un inaceptable sabor a tostado y una coloración oscura (Beukema et al, 1990). El tiempo y las condiciones de almacenamiento van a influir sobre la concentración de azúcares reductores presentes en la patata. Durante el almacenamiento a bajas temperaturas ($< 8\text{ }^{\circ}\text{C}$) el contenido en azúcares reductores en las patatas aumenta debido a la hidrólisis del almidón. Alternativamente, almacenar las patatas a temperaturas altas ($10\text{ a }20\text{ }^{\circ}\text{C}$) disminuye la concentración de azúcares reductores ya que se potencia la síntesis de almidón (Beukema et al., 1990).

En la figura 3 se observan los diferentes defectos que se pueden encontrar en patatas fritas comerciales, debidos tanto a la materia prima como a condiciones de fritura inadecuadas.



Figura 3: Cuatro categorías de calidad de patatas fritas: (A) patatas pálidas, (B) patatas moderadamente oscuras, (C) patatas con puntos marrones y (D) patatas con defectos naturales. Según Mendoza et al. (2007).

Por otra parte, entre los posibles defectos de las patatas fritas favorecidos por las condiciones de fritura se ha de tener en cuenta la presencia de acrilamida. La acrilamida es considerada una sustancia carcinogénica y se forma al freír productos ricos en carbohidratos como es la patata. Su formación está ligada a la reacción de Maillard. El aminoácido asparagina y los azúcares reductores son considerados como los principales precursores de su formación. Se están realizando diversos estudios para tratar de reducir el contenido a acrilamida en las patatas fritas y otros productos similares.

Concretamente, Meulenaer et al. (2007) investigaron el efecto de varios pretratamientos químicos sobre la formación de acrilamida y su influencia sobre la calidad sensorial de las patatas fritas. La adición de varios aditivos como NaCl o CaCl_2 no solo reducen el contenido final de acrilamida sino que disminuyen la absorción de aceite durante la fritura, dando lugar a productos bajos en grasa que es lo que demanda el consumidor actualmente.

Por otra parte, se ha observado que el tiempo y la temperatura de fritura influyen en la formación de acrilamida en la superficie de las patatas fritas, aumentando el contenido tanto con la temperatura como con el tiempo de fritura (Gökmen et al., 2005). Una posible alternativa para reducir la formación de acrilamida es la fritura a vacío ya que permite reducir la temperatura, pero al mismo tiempo se han de mantener unas características sensoriales adecuadas en el producto final. En algunos estudios realizados en zanahoria sometida a fritura a vacío se ha observado que existen diferencias significativas respecto al color y al contenido en grasa en los chips de zanahoria, a los que habían aplicado diferentes pretratamientos antes de la fritura a vacío, mientras que no existen diferencias significativas en la textura (Fan et al., 2006)

Otro aspecto importante es el efecto de las grasas de fritura sobre las propiedades sensoriales de la patata y sobre la estabilidad a la oxidación durante el almacenamiento del producto. Los aceites usados en la fritura según Pangloli et al. (2002), que utilizaron mezclas de aceites como aceite de girasol y aceite de palma, no afectan ni a las propiedades organolépticas ni a la estabilidad de la patata frita.

2-OBJETIVOS

Este trabajo se encuadra dentro de un estudio más amplio desarrollado por el Área de Tecnología de los Alimentos junto con el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACYL), donde se analiza la influencia de la fritura a vacío y el tipo de aceite utilizado, así como la de la variedad de patata y la temperatura de almacenamiento de ésta, sobre las propiedades sensoriales y las características físico-químicas de las patatas fritas.

Específicamente en este trabajo se pusieron a punto los métodos de análisis de las propiedades sensoriales tanto de la patata cruda como de la patata frita. Adicionalmente se llevó a cabo la caracterización físico-química y sensorial de las tres variedades de patata que en una fase posterior se someterán a fritura.

3- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Materia prima

Se utilizaron las variedades de patata Agria, Hermes e Innovator. Las diferentes variedades fueron almacenadas a dos temperaturas distintas, 4 °C y 12 °C. Cada variedad de patata tiene unas características específicas que la hace más apropiada para un determinado uso, como se indica en la tabla 1.

Tabla 1. Características generales de las variedades de patata utilizadas en el estudio.

| VARIEDAD | FORMA | PIEL | TEXTURA | CARNE |
|------------------|-----------------|-------------|----------------|--------------------|
| Agria | Oval-alargada | Amarilla | Lisa | Amarilla |
| Hermes | Oval redondeada | Amarilla | Áspera | Amarillo intenso |
| Innovator | Oval-alargada | Amarilla | Áspera | Blanca amarillenta |

3.1.2. Patatas fritas comerciales

En el entrenamiento del panel y diseño de la ficha de cata y la puesta a punto de las técnicas instrumentales de medida de color y textura se utilizaron patatas fritas comerciales que diferían en cuanto al tipo de aceite y condiciones de fritura utilizados, el tiempo y condiciones de conservación y el contenido de sal y permitieron encontrar referencias de diversas propiedades sensoriales.

Las condiciones de conservación se obtuvieron mediante la apertura de las bolsas comerciales durante un periodo para observar la captación de humedad de la patata frita a analizar.

Las patatas fritas comerciales que se consideraron fueron:

- Marca A: Lays al punto de sal.
- Marca B: Churrería Santa Ana.
- Marca C: Patatas Artesanas, Hacendado.
- Marca D: Patatas Ligeras, Hacendado.

3.2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

En la patata cruda se realizaron varios análisis como son el contenido de humedad, azúcares (totales y reductores), analizados según Mansura-Endo et al. (2004), aminoácidos (asparagina y glutamina) determinados según un método basado en los descritos por Matthäus et al. (2004) y Hippe (1988). Adicionalmente se midió el pH y los grados Brix (cantidad de sólidos solubles presentes expresados en % de sacarosa, en los sólidos solubles se encuentran los azúcares, las sales y los ácidos) y contenido de cenizas. Se realizaron medidas en tres periodos diferentes: diciembre, marzo y junio. Antes de la preparación de las muestras para realizar los distintos análisis se llevó a cabo la observación visual de las características específicas del producto.

3. 3. ANÁLISIS SENSORIAL E INSTRUMENTAL

3.3.1. Análisis Sensorial

- Entrenamiento: Patatas comerciales.

Se llevó a cabo el entrenamiento de 12 panelistas en las características propias de las patatas fritas como son crujiente, tostado, salado, etc. En las sesiones de entrenamiento se utilizaron diversos tipos de patatas fritas comerciales.

- Generación de descriptores.

El panel definió un gran número de descriptores que se clasificaron y eliminaron algunos por recurrentes. También se concretaron las escalas que afectan a cada descriptor, en varias sesiones en las que se trabajó con diversos tipos de patatas fritas comerciales. Se seleccionó una escala de cinco puntos, 1 (ausencia), 5 (máxima intensidad). Los descriptores se dividieron en cuatro apartados:

- Análisis visual: manchas, presencia de burbujas, deformación de la rodaja, aceite en la superficie y color.
- Olor: intensidad global.
- Textura: crujiente, masticabilidad.
- Sabor: salado y sensación grasa.

- Análisis descriptivo.

En cada sesión se analizaron como máximo 5 muestras diferentes. Se llevó a cabo una prueba descriptiva cuantitativa. El análisis sensorial se realizó con un número mínimo de 10 panelistas previamente entrenados.

En algunos análisis, debido al estado de la muestra y a la escasa cantidad de la que se disponía, fue necesario eliminar los apartados de textura y de sabor.

3.3.2. Análisis Instrumental

- **Medida del color**

Patata Cruda

Se realiza mediante un espectrofotómetro Konica Minolta CM 2600d con iluminante D65 y ángulo del observador 10°. El sistema utilizado fue el CIE $L^*a^*b^*$, siendo el parámetro L^* la claridad o luminosidad y a^* y b^* los índices de cromaticidad, concretamente a^* el componente rojo-verde y b^* el componente amarillo-azul.

El tipo de evaluación del color que se ha realizado es SCI (componente especular incluido), ya que la superficie de la patata recién cortada presenta un cierto brillo que se debe considerar en la medida. El SCI mide el aspecto total independientemente de las condiciones de la superficie.

La medida del color en la patata cruda se lleva a cabo realizando un corte en la mitad de la patata y midiendo el color en las dos mitades. Se eligieron 10 patatas similares representativas de cada variedad, al medir cada mitad se obtienen 20 medidas.

Se realizaron medidas en tres periodos diferentes: diciembre, marzo y junio.

Patata Frita

La medida del color se realizó mediante el método descrito anteriormente. La diferencia reside en que se tomaron varias medidas entre tres puntos equidistantes de una misma patata frita, debido a la heterogeneidad del producto (zonas rojizas, zonas verdes, etc.). Se analizaron 15 réplicas.

▪ Medida de textura

Se utilizó un texturómetro TA.XT2, Stable Micro Systems.

Patata Cruda

• Método de punción.

Se utilizó una sonda cilíndrica de 0,2 mm de diámetro (Figura 5). Los ensayos se realizaron tomando tres patatas de tamaños similares de cada variedad y temperatura de almacenamiento. De cada patata se corta una rodaja de 1,5 cm de espesor, perpendicular al eje longitudinal de la misma. La velocidad de ensayo y de pre-ensayo fue de 1,5 mm/s, mientras la velocidad de post-ensayo se fijó en 10 mm/s. La distancia de avance fue de 3 mm. En cada rodaja se analizaron 5 puntos que engloban diferentes partes de la rodaja como se indica en la figura 4.

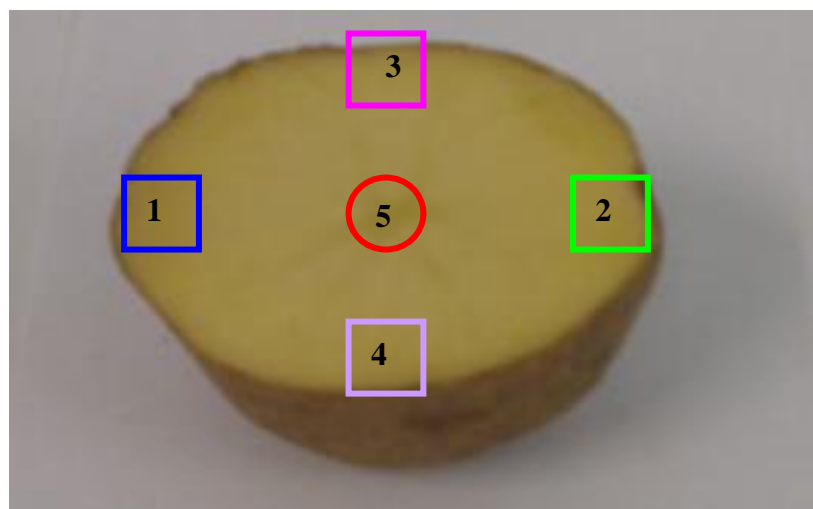


Figura 4: Localización exacta de los puntos de punción.

A partir de la gráfica obtenida (figura 7) se calculó la fuerza de ruptura máxima.

• Método de corte:

Otro método que se ha utilizado en este estudio para caracterizar la textura de la patata cruda es el método Warner-Bratzler (figura 6). La forma en la que se ha operado, es tomando también tres patatas de forma y tamaños similares de las que se eligió una rodaja de la parte central de un espesor de 1 cm, de ella se obtienen tres bastones de 1 cm por 1 cm. En este método a partir de la gráfica obtenida se determinaron la fuerza máxima de ruptura y el área.

Los análisis de textura de la patata cruda se realizaron en el mes de abril y junio para cada variedad y cada temperatura de almacenamiento.

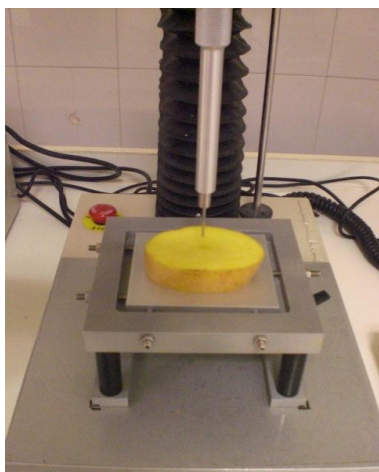


Figura 5: Método de Punción.

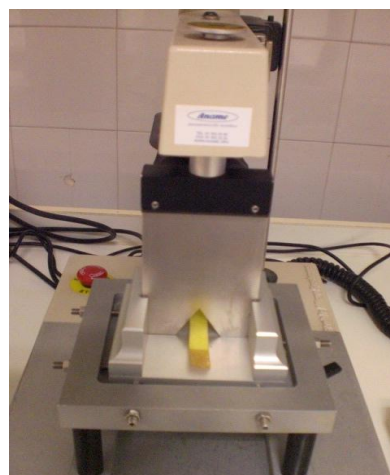


Figura 6: Método de Corte; Sonda Warner-Bratzler.

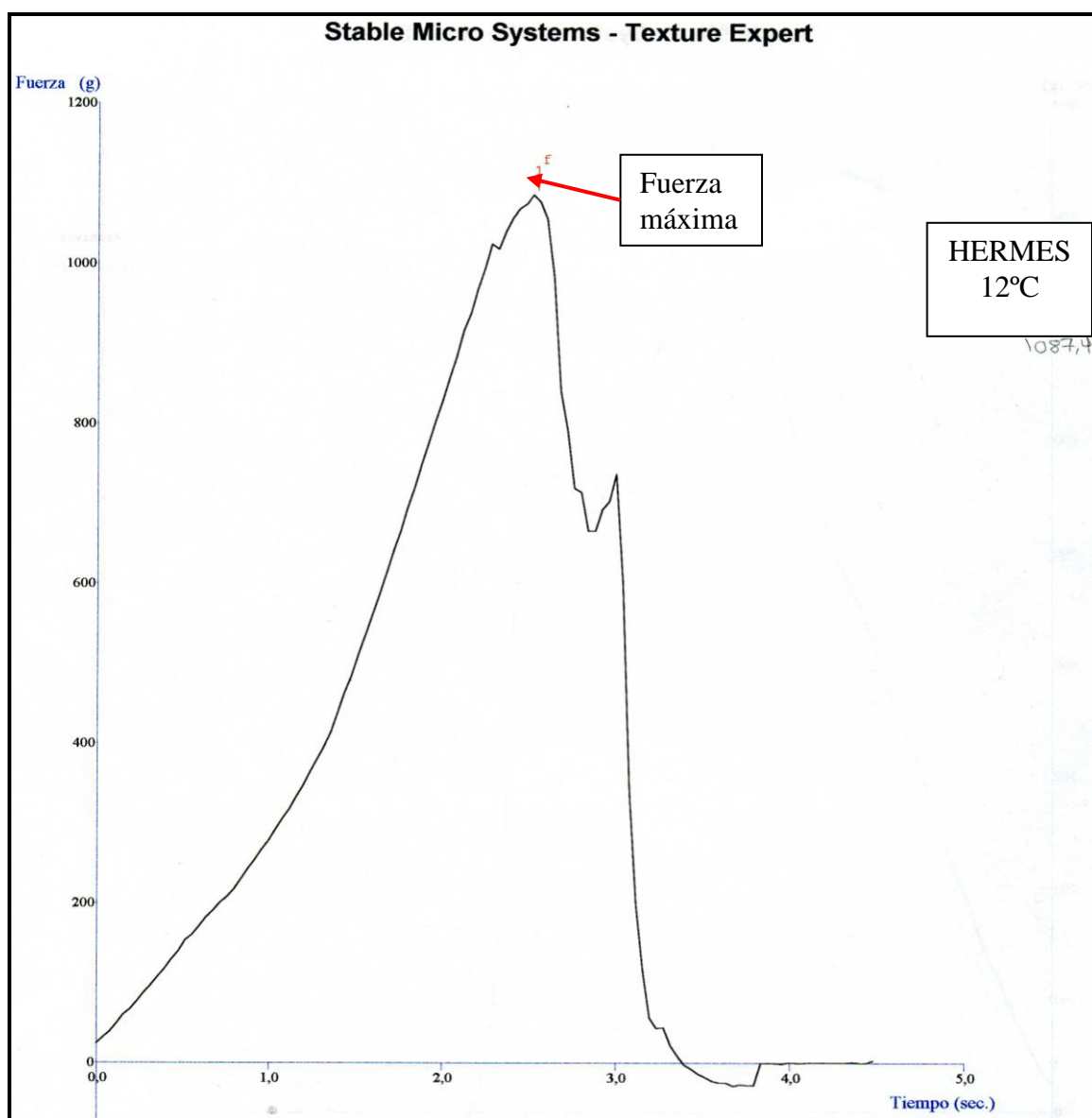


Figura 7: Gráfica obtenida en la medida de la textura de la patata cruda mediante el método de punción.

Patata Frita

Se han realizado numerosas pruebas utilizando diferentes métodos entre los que se encuentran el método de ruptura una sonda de bola, método de compresión y método de corte usando una sonda de Kramer.

- Método de ruptura:

Las condiciones que se consideraron como óptimas fueron realizar alrededor de 20 réplicas, seleccionando previamente las patatas más homogéneas. La sonda de bola utilizada tiene 0,5 cm de diámetro. Se fijó una distancia de avance 5 mm y velocidad de post-ensayo de 10 mm/s. Tanto la velocidad de pre-ensayo como la de ensayo fueron de 1,5 mm/s. Los valores que se determinaron fueron la fuerza máxima de ruptura y el tiempo que tarda en producirse esa ruptura. La fuerza de ruptura está relacionada con el nivel de crujiente de una patata frita.



Figura 8: Método de ruptura (Sonda de Bola).

- Método de compresión.

Se colocaron 10 g de patatas fritas ligeramente trituradas en un soporte cilíndrico de 5 cm de diámetro interior con una sonda circular de 4 cm de diámetro (Figura 9). Se seleccionó una distancia de avance de 10 mm/s y velocidad post-ensayo de 10 mm/s, siendo tanto la velocidad de pre-ensayo como la de ensayo de 5 mm/s.



Figura 9: Método de compresión.

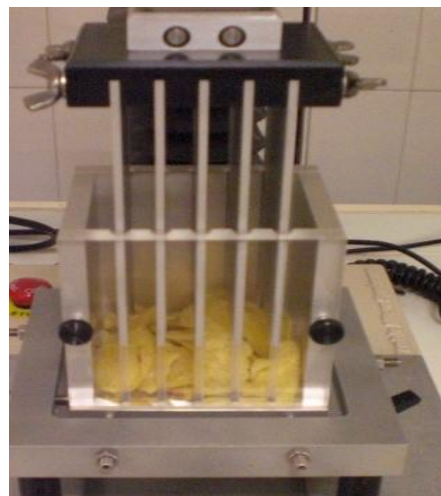


Figura 10: Método de corte (Sonda Kramer).

● Método de corte: sonda Kramer.

Se pesó en el interior del soporte una cantidad fija de 10 g de patatas fritas y la velocidad de ensayo fue de 1 mm/s (figura 10).

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó el programa Statgraphics Plus 5.1 mediante análisis de varianza por Anova simple y el contraste de múltiple rango entre los diferentes parámetros físico-químicos analizados y las distintas variedades y temperaturas de conservación estudiadas a lo largo de un cierto tiempo con un nivel de confianza del 95%. Cuando se detectaron diferencias significativas la separación de medias se realizó por el test de Tukey HSD (Honest Significant Difference).

4 - RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PATATA CRUDA.

► HUMEDAD, CENIZAS, GRADOS BRIX, pH

Visualmente se apreció que la variedad Innovator era la que liberaba más agua al cortarla.

En la tabla 2 se observa que a ambas temperaturas la variedad que más humedad presenta en todos los periodos es la Innovator igual que lo observado visualmente. Durante el almacenamiento se ha perdido la misma cantidad de humedad en las tres variedades.

Tabla 2: Valores de humedad de la patata cruda.

| | | % Humedad media 4 °C | % Humedad media 12 °C |
|------------------|------------------|-------------------------|--------------------------|
| DICIEMBRE | Agria | 77,5 | 76,64 |
| | Hermes | 73,6 | 72,92 |
| | Innovator | 79,7 | 78,55 |
| MARZO | Agria | 76,28 | 75,83 |
| | Hermes | 73,68 | 72,48 |
| | Innovator | 77,07 | 76,80 |
| JUNIO | Agria | 75,44 | 73,84 |
| | Hermes | 73,01 | 72,73 |
| | Innovator | 76,73 | 77,13 |

La variedad con menos contenido de cenizas es la Hermes tanto a una temperatura como a otra y también en los dos periodos analizados. (Tabla 3).

Se puede ver en la Tabla 4 que las cenizas y el pH no varían ni entre periodos ni entre temperaturas, en cambio los grados Brix varían sensiblemente tanto con el periodo como con la temperatura. De acuerdo con su definición que se ha incluido en el apartado de

material y métodos los °Brix podrían dar una aproximación de la cantidad de azúcares presente en la patata.

En la humedad existen diferencias significativas con respecto a la variedad, a la temperatura y al tiempo de almacenamiento.

Tabla 3: Valores de cenizas, pH y grados Brix en la patata cruda.

| | | Cenizas (%) | Grados Brix | pH | Cenizas (%) | Grados Brix | pH |
|--------------|------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| | | 4 °C | | | 12 °C | | |
| MARZO | Agria | 1,148 | 7,6 | 5,96 | 1,230 | 5,93 | 6,15 |
| | Hermes | 1,066 | 8,7 | 6,40 | 1,063 | 6,67 | 6,41 |
| | Innovator | 1,170 | 7,8 | 6,09 | 1,140 | 6,77 | 6,22 |
| JUNIO | Agria | 1,256 | 7,4 | 6,05 | 1,25 | 6,8 | 6,25 |
| | Hermes | 1,040 | 8,7 | 6,31 | 0,901 | 7,7 | 6,40 |
| | Innovator | 1,11 | 8,3 | 6,35 | 1,190 | 7,7 | 6,33 |

Tabla 4: Influencia de la variedad, temperatura y tiempo de conservación en humedad, cenizas, pH y grados Brix de la patata.

| | Humedad (%) | Cenizas (%) | pH | Grados Brix |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Variedad | * | * | * | * |
| Agria | 75,91 ^b | 1,222^c | 6,10 ^a | 6,94 ^a |
| Hermes | 73,59 ^a | 1,017 ^a | 6,38^c | 7,93^b |
| Innovator | 77,66^c | 1,152 ^b | 6,26 ^b | 7,57 ^b |
| Temperatura de conservación | * | | | * |
| 4 °C | 76,23^b | 1,132 | 6,19 | 8,04^b |
| 12 °C | 75,21 ^a | 1,129 | 6,29 | 6,92 ^a |
| Tiempo de conservación | * | | | * |
| Diciembre | 76,49^b | ----- | ----- | ----- |
| Marzo | 75,87 ^b | 1,137 | 6,21 | 7,21 ^a |
| Junio | 74,82 ^a | 1,123 | 6,28 | 7,75^b |

* Nivel de significación: $\alpha < 0,05$. Letras minúsculas diferentes en la misma columna y misma variable indican diferencias significativas.

► AZÚCARES Y AMINOÁCIDOS

• Azúcares

Se analizaron los azúcares totales (fructosa, sacarosa y glucosa) y los azúcares reductores (fructosa y glucosa).

Se observa que la cantidad de azúcares tanto totales como reductores es menor a 12 °C que a 4 °C (Tabla 3). De diciembre a marzo los azúcares totales y los azúcares reductores

aumentan notablemente a la temperatura de 4 °C a diferencia de la temperatura 12 °C que aumentan pero ligeramente. Normalmente, cuando las patatas están almacenadas durante un largo tiempo, el contenido de azúcares en la patata aumenta originándose colores extraños debido a reacciones no enzimáticas de oscurecimiento (Coffin et al., 1987).

La conservación de la patata a temperaturas por debajo de 10 °C puede originar una hidrólisis del almidón de la patata a azúcares, dando lugar a un aumento de la reacción de Maillard durante la fritura. A temperaturas de conservación superiores no aumenta tanto el contenido de azúcares pero se acelera la germinación de la patata (Beukema et al., 1990).

• Aminoácidos

Se analizaron los aminoácidos asparagina y glutamina que son los responsables de la formación de la acrilamida. La formación de acrilamida se produce durante el proceso de pardeamiento de la reacción de Maillard en el que reaccionan los azúcares reductores con la asparagina a temperaturas por encima de 120 °C. Es necesario controlar su formación porque se la considera una sustancia carcinogénica. (Gökmen et al., 2006).

Se observa que el contenido de asparagina es ligeramente más alto a 4 °C pero desde el punto de vista estadístico no existe diferencia significativa. (Tabla 5). Sólo existe diferencia respecto a la variedad y al tiempo de conservación. En cuanto a la glutamina solo existe diferencia significativa respecto a la variedad y a la temperatura. La variedad con menor nivel de aminoácidos es la variedad Agria, en cambio la que posee más aminoácidos es la variedad Hermes. En cuanto a la temperatura existen más aminoácidos a la temperatura de 12 °C.

Tabla 5: Influencia de la variedad, temperatura y tiempo de conservación en azúcares y aminoácidos.

| | Azúcares Totales (%) | Azúcares Reductores (%) | % ASN (g/g m.h) | % GLN (g/g m.h) |
|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Variedad | | | * | * |
| Agria | 0,498 | 0,324 | 0,61 ^a | 0,52 ^a |
| Hermes | 0,623 | 0,271 | 0,90^b | 1,03 ^b |
| Innovator | 0,651 | 0,442 | 0,58 ^a | 1,85^c |
| Temperatura de conservación | * | * | | * |
| 4 °C | 1,085^b | 0,728^b | 0,66 | 0,93 ^a |
| 12 °C | 0,22 ^a | 0,059 ^a | 0,74 | 1,33^b |
| Tiempo de conservación | * | * | * | |
| Diciembre | 0,345 ^a | 0,112 ^a | 0,64 ^a | 1,07 |
| Marzo | 0,775^b | 0,521^b | 0,76^b | 1,19 |

* Nivel de significación: $\alpha < 0,05$. Letras minúsculas diferentes en la misma columna y misma variable indican diferencias significativas.

Desde el punto de vista estadístico no existe diferencia significativa entre las variedades ni en los azúcares totales ni en los reductores. Las variables tiempo y temperatura de conservación se determinan diferencias en los azúcares totales y reductores. En cuanto a

la temperatura se puede ver que a temperaturas de 4 °C el nivel de azúcares es mayor que a la temperatura de 12 °C lo que se corresponde con la observación previa de diversos autores de que el almacenamiento de la patata a bajas temperaturas causa un aumento de los azúcares reductores (Isherwood, 1973; Burton, 1989 y Sowokinos, 1990).

► COLOR

Visualmente se observó que la variedad Hermes es más amarilla y que se oxida fácilmente cuando se corta. La más clara es la variedad Innovator.

En la tabla 6 se observa que la variedad con mayor claridad (L*) a las dos temperaturas y en los tres periodos analizados es la variedad Innovator, igual que lo observado visualmente.

Tabla 6: Valores de los parámetros de color de la patata cruda.

| | | L* | a* | b* | L | a* | b* |
|------------------|------------------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| | | 4 °C | | | 12 °C | | |
| | | | | | | | |
| DICIEMBRE | Agria | 69,26 | -1,31 | 28,68 | 62,2 | 0,81 | 37,3 |
| | Hermes | 68,82 | -1,33 | 28,54 | 63 | -0,77 | 32,66 |
| | Innovator | 69,85 | -1,67 | 27,67 | 68,93 | -1,40 | 27,97 |
| MARZO | Agria | 65,12 | 1,66 | 31,67 | 64,78 | 1,59 | 28,04 |
| | Hermes | 66,78 | 0,55 | 27,04 | 64,54 | 1,00 | 24,65 |
| | Innovator | 68,75 | -0,30 | 21,9 | 70,46 | -0,27 | 22,02 |
| JUNIO | Agria | 64,04 | 1,59 | 30,19 | 69,83 | 1,08 | 29,33 |
| | Hermes | 65,94 | 0,696 | 29,07 | 62,87 | 0,78 | 22,85 |
| | Innovator | 69,94 | -0,66 | 23,4 | 71,77 | -0,19 | 23,92 |

La claridad L* apenas sufre cambios respecto a la temperatura, en cambio respecto al tiempo de conservación, en el mes de junio el valor de claridad L* y el de a* han aumentado comparados con el valor de diciembre, mientras que el valor de b* disminuye de diciembre a marzo y aumenta ligeramente de marzo a junio.

La cromaticidad indica el valor de rojo-verde, la variedad que tiene una cromaticidad más próxima al verde es la variedad Innovator.

El índice de cromaticidad b* nos da el valor de amarillo-azul, la variedad más amarilla es la variedad Agria en todas las temperaturas y en todos los periodos. Se modifica el valor en la variedad Agria sobre todo a la temperatura de 12 °C, disminuyendo en la variedad Innovator de diciembre a junio.

Tabla 7: Efecto de la variedad de patata, la temperatura y el tiempo de almacenamiento en los parámetros de color.

| | L* | a* | b* |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| Variedad | * | * | * |
| Agria | 65,47 ^a | 1,163 ^c | 31,03 ^c |
| Hermes | 64,92 ^a | 0,311 ^b | 28,24 ^b |
| Innovator | 69,70 ^b | -0,734 ^a | 24,11 ^a |
| Temperatura conservación | | | |
| 4 °C | 66,92 | 0,202 | 28,33 |
| 12 °C | 66,48 | 0,292 | 27,26 |
| Tiempo conservación | * | * | * |
| Diciembre | 65,97 ^a | -0,51 ^a | 31,59 ^b |
| Marzo | 66,74 ^{ab} | 0,70 ^b | 25,33 ^a |
| Junio | 67,39 ^b | 0,55 ^b | 26,46 ^a |

* Nivel de significación: $\alpha < 0,05$. Letras minúsculas diferentes en la misma columna y misma variable indican diferencias significativas.

► TEXTURA

En las observaciones durante la preparación de las muestras se apreció que la variedad Hermes es la que presenta mayor resistencia al corte mientras que la Innovator es la más débil. En el análisis de junio se observó que la mejor conservada, ya que tenía menos germinación, es la variedad Agria.

Se utilizaron los dos métodos descritos anteriormente: método de punción y el de Warner-Bratzler, ya que se habían encontrado referencias bibliográficas que los valoraban positivamente (Moreira et al., 2002, Chiavaro et al., 2005). El método de punción es el más usado para describir la conducta mecánica y de textura de la patata cruda porque se puede dirigir a un punto exacto dentro de la geometría de la patata. Otros autores, como Moreira et al. (2002) han utilizado la dureza definida como la fuerza al máximo de compresión para definir la textura de las patatas.

Hay diferencias en la resistencia mecánica de las patatas según la variedad, mientras que respecto a la forma de corte, perpendicular o paralelo al eje longitudinal de la patata no se encuentran diferencias. (Sadowska et al., 2007).

En los dos periodos (abril y junio) y con los dos métodos se observa que la variedad, Innovator es la variedad con un valor de fuerza de ruptura más bajo a las dos temperaturas. También se puede ver que existe una disminución de la fuerza en la mayoría de los casos de la temperatura de 4 °C a la temperatura de 12 °C. (Tabla 8).

Tabla 8: Valores de los parámetros de textura de la patata cruda.

| | | Método de Punción | | Método Warner-Bratzler | | | |
|-------|-----------|--------------------|---------------------|------------------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|
| | | Fuerza (g) 4° C | Fuerza (g) 12 °C | Fuerza (g) | Área ·10 ⁴ (g/s) | Fuerza (g) | Área ·10 ⁴ (g/s) |
| | | | | 4 °C | | 12 °C | |
| ABRIL | Agria | 756,4 | 813,44 | 5213,04 | 4,49 | 4586,65 | 2,95 |
| | Hermes | 1004 | 978,65 | 6059,73 | 4,36 | 5202,9 | 3,5 |
| | Innovator | 644,39 | 276,15 | 4183,67 | 2,85 | 3986,41 | 1,898 |
| JUNIO | Agria | 799,14 | 741,45 | 5895,21 | 2,21 | 5424,91 | 2,39 |
| | Hermes | 916,83 | 873,31 | 6310,7 | 3,36 | 5379 | 2,357 |
| | Innovator | 699,33 | 586,58 | 4899,21 | 2,25 | 4700,33 | 2,18 |

Punción: Desde el punto de vista estadístico se obtiene que la fuerza respecto a la variedad y a la temperatura existen diferencias significativas. La medida de la fuerza respecto a los diferentes puntos medidos y al tiempo (abril y junio) de almacenamiento no determinan diferencias significativas ($P>0,05$). (Tabla 9).

Tabla 9: Efecto de la variedad de patata, la temperatura y el tiempo de almacenamiento en los parámetros de textura.

| | Punción | Warner-Bratzler | |
|---------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|
| | Fuerza (g) | Fuerza (g) | Area (g/s) ·10 ⁴ |
| Variedad | * | * | * |
| Agria | 727,746 ^b | 5009,1 ^b | 2,99 ^b |
| Hermes | 928,88 ^c | 5738,1 ^c | 3,39 ^b |
| Innovator | 551,61 ^a | 4442,4 ^a | 2,3 ^a |
| Temperatura Conservación | * | * | * |
| 4 °C | 803,44 ^b | 5246,3 ^b | 3,24 ^b |
| 12 °C | 702,06 ^a | 4880,0 ^a | 2,54 ^a |
| Tiempo Conservación | | * | * |
| Abril | 736,06 | 4872,07 ^b | 3,32 ^b |
| Junio | 769,49 | 5254,31 ^a | 2,46 ^a |

* Nivel de significación: $\alpha < 0,05$. Letras minúsculas diferentes en la misma columna y misma variable indican diferencias significativas.

El valor más bajo corresponde a la variedad Innovator por lo que será la variedad más blanda, lo que coincide con lo observado visualmente. La temperatura de 12 °C es la que

origina un valor más bajo. Esto puede deberse a que es la variedad que presenta más germinación de las tres.

Warner-Bratzler: Desde el punto de vista estadístico existen diferencias significativas ($P < 0,05$) en la fuerza respecto a la variedad, a la temperatura y al tiempo de almacenamiento; también considerando el área respecto a la variedad y a la temperatura se determinan diferencias significativas.

Se obtiene que tanto en un método como en otro la variedad Innovator es la que menor valor de fuerza posee, en cambio las otras variedades tienen valores de fuerza de ruptura muy parecidos. También se puede ver que los dos métodos dan resultados similares por lo que se puede utilizar perfectamente solo uno de ellos.

4.2. PATATA FRITA

Este estudio se centra en la puesta a punto de los métodos de análisis instrumental y sensorial para posteriormente determinar que variedad de patata es la mejor para freír.

4.2.1. Patata frita comercial

En un principio se realizaron varias pruebas para conseguir un método representativo y fiable para definir la textura de la patata frita. Según Öste et al., (1999) la falta de uniformidad de la patata frita, la variabilidad de las técnicas usadas, el procesado y manejo de las patatas antes de las medidas de textura, son las principales variables que deben ser consideradas en los estudios de textura de este producto.

Se utilizaron patatas fritas comerciales y se intentó buscar unas condiciones distintas, bien trabajando con diferentes marcas comerciales o con condiciones de conservación distintas tras la apertura de las bolsas.

► Textura

Se realizaron pruebas con los métodos descritos anteriormente: método de ruptura, compresión y de corte mediante sonda Kramer. Los métodos de compresión y de corte tuvieron que ser rechazados por la alta cantidad de muestra exigida para conseguir que los datos fueran representativos. Los datos de fuerza máxima de ruptura se obtienen a partir de una gráfica similar a la representada en la figura 7 para el método de punción.

Se realizó varios ensayos utilizando distintas marcas con dos tiempos de conservación diferentes y empleando el método de rotura con sonda de bola (Tabla 10). Se observó que existen diferencias significativas respecto al tiempo de conservación.

En otros ensayos se realizaron comparaciones entre los dos métodos de medida de la textura: ruptura y compresión. (Tabla 11).

Tabla 10: Resultados de textura obtenidos para patatas fritas comerciales utilizando sonda de bola.

| | Ruptura |
|--------------------------------|---------------------|
| | Fuerza (g) |
| Muestra | * |
| Marca A | 556,1 ^b |
| Marca A tras 15 días | 564,0 ^b |
| Marca B | 459,2 ^{ab} |
| Marca B tras 15 días | 371,9 ^a |
| Tiempo | * |
| Recién abiertas | 507,6 ^b |
| Abiertas más de 15 días | 468,0 ^a |

* Nivel de significación: $\alpha < 0,05$. Letras minúsculas diferentes en la misma columna y misma variable indican diferencias significativas.

Tabla 11: Resultados de textura obtenidos para patatas fritas comerciales con 2 métodos diferentes.

| | Ruptura | Compresión |
|----------------|-------------------|---------------------|
| | Fuerza (g) | Fuerza (g) |
| Muestra | | * |
| Marca D | 308,3 | 6242,7 ^a |
| Marca C | 400,9 | 9316,1 ^b |
| Marca B | 356,9 | 5152,4 ^a |

* Nivel de significación: $\alpha < 0,05$. Letras minúsculas diferentes en la misma columna y misma variable indican diferencias significativas.

Se ha observado que el método de ruptura no diferencia entre distintas marcas comerciales pero puede distinguir entre las condiciones de conservación. Se ha podido demostrar que el método se mejora realizando una selección previa de las muestras y realizando un alto número de réplicas. Utilizando el método de compresión se observa que diferencia entre las marcas y las muestras, pero fue rechazado por la poca cantidad final disponible de muestra, como se comenta anteriormente.

Se ha visto que existe una gran variabilidad de los resultados esto puede deberse según Öste et al., (1999) a la variabilidad en la humedad y a la distribución heterogénea del almidón y otros compuestos que afecta a la estructura de las patatas fritas después de la fritura.

► Sensorial

Para la puesta a punto del análisis sensorial se utilizaron patatas fritas comerciales, de los más de 20 descriptores definidos previamente se agruparon los que definían el mismo aspecto y se rechazaron los difíciles de apreciar. Así se generó el siguiente formulario.

Nombre:.....

Fecha:..... **Nº Muestra:**

EVALUACIÓN SENSORIAL DE PATATA FRITA

Observe y pruebe las muestras que se presentan y valore la intensidad de los siguientes parámetros:

▪ **ANÁLISIS VISUAL:** los **tres** primeros descriptores se analizarán con el **plato general** que se proporcionará.

- **Manchas:** 1 2 3 4 5
(1: ausencia, 5: muchas manchas)

 Especificar _____

- **Presencia de burbujas:** 1 2 3 4 5
(1: ausencia, 5: alta presencia)

- **Deformación de la rodaja:** 1 2 3 4 5
(1: ausencia, 5: alta presencia)

- **Aceite en la superficie:** 1 2 3 4 5
(1: ausencia, 5: mucha presencia)

- **Color:** 1 2 3 4 5
(1: pálido, 5: intenso)

▪ **OLOR:**

- **Intensidad global:** 1 2 3 4 5
(1: ausencia de olor, 5: olor intenso)

▪ **TEXTURA:**

- **Crujiente:** 1 2 3 4 5
(1: poco crujiente, 5: muy crujiente)

- **Masticabilidad:** 1 2 3 4 5
(1: poco crujiente, 5: muy crujiente)

▪ **SABOR:**

- **Salado:** 1 2 3 4 5
(1: ausencia, 5: mucha presencia)

- **Sensación grasa:** 1 2 3 4 5
(1: ausencia, 5: mucha presencia)

 Especificar _____

Especifique los sabores anómalos que detecte, y en su caso la intensidad (alta, media, baja):

Figura 12: Formulario utilizado en el análisis sensorial descriptivo.

A continuación se realizaron varias sesiones con la finalidad de entrenar a los panelistas en los descriptores definidos previamente. Los análisis se llevaron a cabo con patatas fritas comerciales de diferente tiempo de conservación y características organolépticas diferentes como por ejemplo el salado, crujiente, tipo de fritura, color, etc. Según Bourne et al. (1966) uno de los más importantes atributos sensoriales en la textura de patatas fritas es el crujiente.

Según Oliveira et al., (2006) un panel entrenado es el que mejor puede apreciar las diferencias sensoriales en las patatas fritas. En el estudio que realizaron los dos paneles (entrenado y de consumidores) fueron capaces de distinguir entre los principales tipos de patatas fritas, pero concluyeron que los paneles de consumidores dan lugar a una gran variabilidad, por lo que el panel entrenado es necesario para validar los resultados.

Algunos resultados correspondientes a la evaluación sensorial de las patatas fritas comerciales se muestran a continuación. Se analizaron distintos tipos de patata y se modificaron las características sensoriales conservándolas en distintas condiciones, por

Evaluación de las propiedades físico-químicas y sensoriales de la patata para fritura.

ejemplo abriendo la bolsa y manteniéndolas en ambiente húmedo para que cambiaran características de textura, sabor, etc.

Tabla 12: Parámetros sensoriales de patatas fritas comerciales. Comparación entre tipos de patata y condiciones de conservación.

| | Manchas | Burbujas | Deformación | Aceite Sup. | Color |
|-----------------------------|-------------------|------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| Muestra | * | * | * | * | * |
| Marca A | 2,8 ^{bc} | 3,5 ^b | 2,4 ^a | 2,4 ^a | 3,4 ^b |
| Marca A tras 15 días | 2,1 ^{ab} | 2,6 ^a | 2,0 ^a | 2,6 ^{ab} | 2,4 ^a |
| Marca B | 3,4 ^c | 2,0 ^a | 2,1 ^a | 2,5 ^{ab} | 2,1 ^a |
| Marca B tras 15 días | 2,0 ^a | 2,4 ^a | 3,4 ^b | 3,3 ^b | 3,5 ^b |

| | Olor | Crujiente | Masticabilidad | Salado | Grasa |
|-----------------------------|-------------|------------------|-----------------------|-------------------|--------------|
| Muestra | | * | * | * | * |
| Marca A | 2,6 | 4,4 ^b | 4,1 ^b | 2,5 ^a | 2,7 |
| Marca A tras 15 días | 2,7 | 3,6 ^a | 3,3 ^a | 2,6 ^a | 3,4 |
| Marca B | 2,7 | 2,9 ^a | 3,0 ^a | 4,0 ^b | 2,9 |
| Marca B tras 15 días | 2,9 | 2,9 ^a | 3,0 ^a | 3,3 ^{ab} | 3,2 |

* Nivel de significación: $\alpha < 0,05$. Letras minúsculas diferentes en la misma columna y misma variable indican diferencias significativas.

Se observa que existe diferencia significativa entre las muestras en la mayoría de los descriptores, excepto en el olor. Se observa que el tiempo de conservación afecta de diferente forma a las 2 marcas comerciales, la marca B es más estable, pero en la marca A se producen cambios significativos en los parámetros y algunos relacionados con el aspecto. Sobre todo en el descriptor más importante que es el crujiente mediante el análisis sensorial se encontraron diferencias entre las 2 marcas y también en una de ellas se observan diferencias debidas al tiempo de conservación.

Una vez puestas a punto las técnicas de análisis de la patata frita se aplicarán en la segunda fase del trabajo para establecer como influyen las condiciones de fritura en el producto final.

5.CONCLUSIONES

5.1. Patata cruda

La humedad difiere entre las distintas variedades, la temperatura de almacenamiento y el tiempo de conservación. Las distintas variedades se diferencian en el valor de grados Brix, pero sin embargo no se encontraron diferencias con respecto a la variedad en el valor de azúcares totales en donde se incluye la sacarosa, por lo que no se puede considerar que los grados Brix resulten un índice apropiado para estimar los azúcares totales en la patata cruda.

Se puede concluir que tanto la variedad como el tiempo de conservación influyen en el contenido de asparagina, que interviene como precursor de la formación de la archilamida, aumentando con el tiempo y siendo la más problemática, entre las estudiadas, la variedad Hermes.

También existen diferencias en el color debidas a la variedad, sobre todo en el valor de la claridad L^* . La temperatura de almacenamiento no influye sobre los parámetros del color (L^* , a^* y b^*), mientras que el tiempo de conservación si lo hace.

Respecto a la textura se ha determinado que cualquiera de los dos métodos puestos a punto (punción y Warner-Bratzler) son adecuados determinar la textura de la patata cruda y el parámetro que mejor se relaciona con la dureza de la patata cruda es la fuerza máxima de ruptura.

5.2. Patata frita

Se ha puesto a punto el método de medida del color de las patatas fritas, y se ha observado que es uno de los parámetros en los que más variabilidad existe entre los ensayos de fritura.

En cuanto a la textura dos de los métodos ensayados con patatas fritas comerciales, método de punción y método de compresión pueden ser utilizados para conseguir valores coherentes y representativos. En el método de punción se debe analizar un número elevado de réplicas y realizar una elección de muestras lo más homogénea posible para lograr resultados reproducibles. En el método de compresión se ha de utilizar una cantidad de muestra bastante grande e igual que en el anterior se han de realizar numerosas réplicas, por lo que aunque es apropiado para determinar la textura de la patata frita, en pruebas experimentales con poca disponibilidad de muestra no se puede aplicar.

El análisis sensorial descriptivo puesto a punto ha demostrado que permite evaluar las diferencias que existen entre distintas patatas fritas comerciales y se observado que se existe una buena relación entre la fuerza de ruptura y el nivel de crujiente de la patata frita asignado por el panel entrenado, a menor fuerza de ruptura más crujiente es la patata frita.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Abdalla, M.E. A. (1999). “Antioxidative effect of olive oil deodorizer distillate on frying oil and quality of potato chips”. *Fett/Lipid* 101.57-63.
- ▶ Carpenter, R.P., Lyon, D.H. y Hasdell, T.A. (2002). “Análisis Sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos”. Editorial: Acribia.
- ▶ Chiavaro, E., Barbanti, D., Vittadini, E. y Massini, R. (2005). “The effect of different cooking methods on the instrumental quality of potatoes (cv Agata)”. *Journal of Food Engineering* 77, 169-178.
- ▶ Fan, L., Zhang, M. y Mujumdar, A. S. (2006). “Effect of various pretreatments on the quality of vacuum-fried carrot chips”. *Drying Technology* 24, 1481-1486.
- ▶ Friedman, M. (2003). “Chemistry, biochemistry, and safety of acrylamide: a review”. *Journal of Agricultural and food chemistry* 51. 4504-4526.
- ▶ Gökmen, V., Senyuva, H.Z., Dülek, B. y Cetil, A.E. (2006) “Computer vision-based image analysis for the estimation of acrylamide concentrations of potato chips and French fries”. *Food Chemistry* 101, 791-798.
- ▶ Gökmen, V., Palazoglu, K.T. y Senyuva, H.Z. (2005). “Relation between the acrylamide formation and time-temperature history of surface and core regions of French fries”. *Journal of Food Engineering* 77, 972-976.
- ▶ Hippe, J. (1988). “HPLC-analysis of the concentrations of free asparagine and glutamine in potato tubers grown with varying amounts of nitrogen”. *Potato Research* 31, 535-540.
- ▶ Hwang, L.S. y Shyu, S. (2000). “Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips”. *Food Research International* 34, 133-142.
- ▶ Hwang, L.S., Shyu, S. y Hau, L. (2005). “Effects of processing conditions on the quality of vacuum-fried carrot chips”. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85, 1903-1908.
- ▶ Kerr, W.L., Ward, C.D.W., McWatters, K.H. y Resurrección, A.V.A. (2000). “Milling and particle size of cowpea flour and snack chip quality”. *Food Research International* 34, 39-45.
- ▶ Kita, A., Golubowska, G. y Lisinska, G. (2005). “The effects of oils and frying temperatures on the texture and fat content of potato crisps”. *Food Chemistry* 102, 1-7.
- ▶ Maroulis, Z.B., Krokida, M.K., Oreopoulou, V. y Marinos-Kouris, D. (2000). “Viscoelastic behaviour of potato strips during deep fat frying”. *Journal of Food Engineering* 48. 213-218.

- ▶ Matsura-Endo, C., Kobayashi, A., Noda, T, Takigawa, S., Yamauchi, H. y Mori, M. “Changes in sugar content and activity of vacuolar acid invertase during low-temperature storage of potato tubers from six japanese cultivars”. Journal of Plant Research 117, 131-137.
- ▶ Matthäus, B., Haase, N.V. y Vosmann, K. (2004). “Factors affecting the concentración of acrylamide during deep-fat frying of potatoes”. European Journal of Lipid Science & Technology 106, 793-801.
- ▶ Meilgaard, M., Civille, G.V. y Carr, B.T. (1999). “Sensorial evaluation techniques”. Libro electrónico. Editorial: CRC Press, cop 3ª edición.
- ▶ Mendoza, F., Dejmek, P. y Aguilera, J.M. (2007). “Colour and Image textura analysis in classification of comercial potato chips”. Food Research Internacional 40, 1146-1154.
- ▶ Mestdagh, F., Wilde, T. D., Delporte, K., Peteghem, C. V. y Meulenaer, B. D. (2007). “Impact of chemical pre-treatments on the acrylamide formation and sensorial quality of potato crisps”. Food Chemistry 106. 914-922.
- ▶ Moreira, R. y Garayo, J. (2002). “Vacuum frying of potato chips”. Journal of Food Engineering 55, 181-191.
- ▶ Lefort, J.F., Durance, T.D. y Upadhyaya, M.K. (2003). “.Effects of tuber storage and cultivar on the quality of vacuum microwave- dried potato chips”. Journal of Food Science 68, 690-696.
- ▶ Linssen, J.P.H., van Loon, W. A.M., Legger, A. Heijmans, R.M.H., Van Deventer, H. C., Burgering, M.J. M., Van Drooge, B.L. y Voragen, A.G.J. (2005). “Study of a new energy efficient process for french fries production”. Eur. Food Res.Technol 221, 779-786.
- ▶ O’Mahony, M. (1986). “Sensory evaluation of food: statistical methods and procedures”. Editorial: Marcel Dekker Inc.
- ▶ Öste, R., Dejmek, P. y Segnini, S. (1999). “Reproducible textura análisis of potato chips”. Journal of Food Science 64, 309-312.
- ▶ Oliveira, M.B. y Alves, M.R. (2006). “Monitorización of consumer and naïf panels in the sensory evaluation of two types of potato chips by predictive biplots applied to generalized procrustes and three-way Tucker-1 analysis”. Journal of Chemometrics 19, 564-574.
- ▶ Pangloli, P., Melton, S. L., Collins, J. L. Penfield, M.P. y Saxton, A.M.(2002).“Flavor and Storage Stability of Potato Chips Fried in Cottonseed and Sunflower Oils Blends”. Journal of Food Science 67, 97-103.
- ▶ Sadowska, J., Fornal, J. y Zgórska, K. (2007). Postharvest Biology and Technology, 48, 70-76.
- ▶ Simón, A., Suso, M.L., Pardo, A. y Tobar, V. (2007) “Producción y calidad para frito de la patata Hermes”. Cuaderno de Campo 36, 31-34.

- ▶ Simón, A., Suso, M.L., Pardo, A. y Tobar, V. (2004) “Influencia de las técnicas de cultivo de la patata Agria sobre la producción y la calidad para frito”. Cuaderno de Campo 28, 33-36.
- ▶ Simón, A., Suso, M.L., Pardo, A. y Tobar, V. (2002) “La calidad de la patata para frito”. Cuaderno de Campo 22, 30-33.
- ▶ Thybo, A. K., Jespersen, S. N., Laerke, P.E. y Stødkilde-Jørgensen, H. J. (2004). “Nondestructive detection of internal bruise and spraing disease symptoms in potatoes using magnetic resonante imaging”. Magnetic Resonance Imaging 22, 1311-1317.
- ▶ Zang, M., Fan, L. y Mujumdar, A. S. (2005). “ Vacuum frying of carrot chips”. Drying Technology, 23, 645-656.
- ▶ ISO 6658: 2005 .Guía general de análisis sensorial.